



ALCANCE N° 255 A LA GACETA N° 241

Año CXLIII

San José, Costa Rica, miércoles 15 de diciembre del 2021

389 páginas

PODER LEGISLATIVO

PROYECTOS

PODER EJECUTIVO

DECRETOS

REGLAMENTOS

AVISOS

INSTITUCIONES DESCENTRALIZADAS

INSTITUTO NACIONAL DE VIVIENDA Y URBANISMO

**AUTORIDAD REGULADORA
DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS**

NOTIFICACIONES

**HACIENDA
MUNICIPALIDADES**

**Imprenta Nacional
La Uruca, San José, C. R.**

PODER EJECUTIVO

DECRETOS

Decreto Ejecutivo N° 43242-MINAE

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
Y LA MINISTRA DE AMBIENTE Y ENERGÍA

En ejercicio de las facultades contenidas en los artículos 50, 140 incisos 3) y 18) y 146 de la Constitución Política; artículos 27 inciso 1) y 28 inciso 2) acápite b) de la Ley General de la Administración Pública N°6227 del 2 de mayo de 1978; la Ley de Aguas N°276 del 27 de agosto de 1942; artículo 50 de la Ley Orgánica del Ambiente N°7554 del 4 de octubre de 1995; y la Ley Forestal N°7575 del 13 de febrero de 1996.

Considerando:

I— Que el artículo 50 Constitucional establece que el Estado debe procurar el mayor bienestar a todos los habitantes del país, garantizando el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, en respeto del derecho a la protección de la salud humana que se deriva del derecho a la vida; siendo entonces que el objetivo primordial del uso y protección del ambiente, es obtener un desarrollo y evolución favorable al ser humano en armonía con este, en el que la calidad ambiental, y los medios económicos resultan ser de los parámetros fundamentales para las personas.

II— Que de conformidad con la Ley Orgánica del Ambiente N° 7554, el agua es un bien de dominio público y el Estado debe procurar los instrumentos necesarios para tener un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Asimismo, en armonía con dicha legislación, la Ley Orgánica del Ministerio de Ambiente y Energía N°7152, dispone que el Ministerio de Ambiente y Energía es el rector del Sector Ambiente y Energía, y tiene competencias para la gestión de los recursos hídricos del país bajo el desarrollo y aplicación de los principios generales de la citada ley en armonía con las leyes de otras instituciones del Estado y los objetivos nacionales, para el beneficio de la sociedad costarricense.

III— Que de conformidad con la Ley de Aguas N° 276 y sus reformas, el Ministerio de Ambiente y Energía es el ente rector del recurso hídrico correspondiéndole disponer y resolver sobre su dominio, aprovechamiento, utilización, gobierno y vigilancia; y autoriza al Ministerio de Ambiente y Energía a establecer un canon por concepto de aprovechamiento de agua y que en la actualidad debe reflejar los costos procedentes del reconocimiento del agua como un bien con valor económico, ambiental y social.

IV— Que conforme la Ley Forestal N°7575, el bosque y las plantaciones forestales inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente brindando un servicio ambiental de protección al agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico; donde las áreas silvestres protegidas del Estado y las áreas protegidas privadas, son ecosistemas que

coadyuvan a la sostenibilidad del régimen hídrico y consecuente administración de la oferta de agua en cada una de las microcuencas o cuencas, a fin de garantizar su aprovechamiento multiuso, con prioridad al abastecimiento de agua para el consumo humano, reconociéndose el servicio de protección del recurso hídrico que presta a estas áreas.

V— Que el artículo 31 de la Ley de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, N° 7593, establece la necesidad de incorporar el criterio de sostenibilidad ambiental a la hora de fijar tarifas, precios y tasas de los servicios públicos.

VI— Que el Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública “Del Bicentenario 2019-2022”, como marco político superior del Gobierno de la República, dispone la necesidad de formular políticas de Desarrollo Sostenible.

VII— Que mediante la construcción e implementación del sexto Plan Nacional de Energía 2015 - 2030, se identificó la necesidad de revisar los requisitos y normativa técnica requerida para la estimación del caudal ambiental, siendo esto un objetivo del Plan.

VIII— Que conforme al estudio y análisis realizado por el Departamento de Desarrollo Hídrico de la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía, según el documento “PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL AMBIENTAL EN LAS CONCESIONES DE APROVECHAMIENTO, Método del porcentaje y Balance Hídrico del Tramo”, se analiza el impacto en los cuerpos de agua concesionados, como parte de la gestión y administración del recurso hídrico a nivel nacional, concluyendo, que lo aplicado hasta ahora en la asignación del recurso y usado para soporte del planteamiento de caudal ambiental, asegura la protección del recurso hídrico.

IX— Que la metodología para el cálculo del caudal ambiental aplicada hasta ahora por la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía, fue dispuesta mediante acuerdo del año 1991 de la Junta Directiva del antiguo Servicio Nacional de Electricidad (SNE). En esta se dispuso mantener un porcentaje equivalente al 10% del caudal medido en cada punto de toma, considerando aportes de caudal por afluentes aguas abajo y equidistantes respecto al punto de toma. Conforme esta metodología, se ha protegido el recurso hídrico, manteniendo en los cuerpos de agua, hasta 61.54% del caudal disponible. De tal forma se concluye que esta metodología, considerando el análisis acumulado del aprovechamiento en el cuerpo de agua, ha cumplido con los fines de protección de este recurso. Este método se ajusta al grupo de metodologías hidrológicas, en particular al tipo Montana (Tennant 1976) la cual se encuentra adaptada a zonas tropicales y subtropicales, que establece un porcentaje del caudal valorado.

X— Que de conformidad con el artículo 4 inciso ñ) de la Ley Marco de Concesión para el Aprovechamiento de las Fuerzas Hidráulicas para la Generación Hidroeléctrica N°8723, es requisito legal, presentar un estudio del caudal ambiental. La misma obligación se contempla en el artículo 18 de la Ley Forestal N°7575, cuando se trata de aprovechar agua en Patrimonio Natural del Estado. De tal forma este decreto estaría brindando al administrado, tanto público como privado, el instrumento técnico para poder realizarlo.

XI— Que de conformidad con el párrafo tercero del artículo 12 del Reglamento a la Ley de Protección al Ciudadano del Exceso de Requisitos y Trámites Administrativos, Decreto Ejecutivo N°37045-MP-MEIC y sus reformas, se determinó que la presente propuesta no establece ni modifica trámites, requisitos o procedimientos, que el administrado deba cumplir, situación por la que no se procedió con el trámite de control previo.

Por tanto;

DECRETAN:

“Reglamento para la selección de la metodología para el cálculo del caudal ambiental y evaluación del impacto hídrico acumulado”

Capítulo I.

Consideraciones generales.

Artículo 1— Objetivo.

Establecer el procedimiento para la selección de la metodología mediante la cual se deberá calcular el caudal ambiental en un cuerpo de agua, además, de la valoración del estado del cuerpo de agua, a partir de la evaluación del impacto hídrico acumulado; con el propósito de asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico y el ambiente asociado.

Artículo 2— Alcance.

Es de aplicación obligatoria en todo territorio nacional y para todo aprovechamiento de agua que se pretenda realizar en los cauces de dominio público en apego a lo dispuesto en la Ley de Aguas No. 276.

Artículo 3— Definiciones.

Para efecto de este Reglamento se entenderá por:

- a) **Aforo:** Conjunto de operaciones para determinar el caudal en una corriente de agua superficial para un nivel registrado.
- b) **Año hidrológico:** Periodo de 12 meses que comprende el inicio con la época lluviosa y finaliza con el término de la época seca y que se repite cíclicamente, que varía conforme a la región climática y la variabilidad climática.
- c) **Área Silvestre Protegida:** zonas geográficas delimitadas, constituidas por terrenos, humedales y porciones de mar. Han sido declaradas como tales por representar significado especial por sus ecosistemas, la existencia de especies amenazadas, la repercusión en la reproducción y otras necesidades y por su significado histórico y

cultural. Estas áreas estarán dedicadas a conservación y protección de la biodiversidad, el suelo, el recurso hídrico, los recursos culturales y los servicios de los ecosistemas en general (artículo 58 de la Ley de Biodiversidad N°7788).

- d) **Captación artesanal o móvil:** Obra cuya función es la derivación del caudal autorizado, construida sin utilizar agregados constructivos que la fijen al cauce o sus márgenes. Es una estructura removible fácilmente y que genera un bajo impacto en el cauce. Los sistemas de bombeo móvil se incluyen en esta definición.
- e) **Captación fija parcial:** Obra cuya función es la derivación del caudal autorizado, construida mediante una estructura fija utilizando agregados constructivos, que genera un mayor impacto en flujo y derivación del caudal; esta cubre parcialmente la sección transversal del cauce. Los sistemas de bombeo fijo se incluyen en esta definición.
- f) **Captación fija total:** Obra cuya función es la derivación del caudal autorizado, construida mediante una estructura fija utilizando agregados constructivos, que genera un mayor impacto en flujo y derivación del caudal; esta cubre toda la sección transversal del cauce.
- g) **Cauce:** Por donde discurren naturalmente las aguas superficiales y corresponde al terreno que cubren las aguas en las mayores crecidas ordinarias en un periodo de retorno de un año hidrológico, según el artículo 69 de la Ley de Aguas N°276.
- h) **Caudal:** Volumen de agua que pasa por un punto en un tiempo determinado. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.
- i) **Caudal Ambiental:** flujo de agua en cantidad, periodicidad y calidad que se requiere en el cauce para sostener los ecosistemas dulceacuícolas, estuarinos y el bienestar humano que depende de estos ecosistemas, permitiendo un aprovechamiento sostenible de las aguas. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.
- j) **Caudal medio anual:** Es el caudal promedio que se obtiene sumando los caudales medios diarios del año y dividiendo por el número de días del año. También conocido como caudal medio durante un año. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.
- k) **Caudal medio mensual:** Es el caudal promedio que se obtiene sumando los caudales medios diarios del mes y dividiendo por el número de días del mes. También conocido como caudal medio del mes. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.
- l) **Caudal mínimo registrado:** es el caudal registrado durante la época seca o el periodo de transición a la época lluviosa, que corresponde al tiempo de estiaje. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.

- m) **Caudal requerido:** Es el caudal que satisface las necesidades del solicitante de una concesión o inscripción, determinado conforme a las dotaciones para cada actividad. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.
- n) **Caudal solicitado:** Es el caudal manifiesto en la solicitud de concesión o inscripción según corresponda. Se expresa en unidades de volumen y tiempo. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.
- o) **Concesión de agua:** Es el acto administrativo por medio del cual el Estado a través de MINAE, autoriza en forma temporal y con condiciones el aprovechamiento de aguas a personas privadas o públicas; físicas o jurídicas.
- p) **Crecida Ordinaria:** Es la máxima crecida ordinaria de caudal dentro del año hidrológico de un cauce.
- q) **Cuerpo de Agua:** Es aquel que se produce por la esorrentía generada a partir de las precipitaciones y/o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma de corriente, río, quebrada, arroyo; que pueden ser de flujo permanente o intermitente; además, de lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, estuario, manglar, turbera, pantano.
- r) **Dotación:** Cantidad de agua por unidad de producción o consumo, determinada por las necesidades de la particularidad de cada uno de los usos; considerando la variable de eficiencia en su aprovechamiento integral.
- s) **Época lluviosa:** Periodo del año en donde predominan los días con lluvia de manera consecutiva y por varios meses.
- t) **Época seca:** Periodo del año caracterizado por días secos de manera consecutiva y a lo largo de varios meses.
- u) **Evaluación de impacto hídrico acumulado:** Es el resultado del análisis integral de la condición de una corriente de agua, respecto al caudal requerido y su temporalidad; el caudal disponible considerando la suma del caudal concesionado o inscrito en el cuerpo de agua evaluado, así como solicitudes en trámite al momento del análisis, que estén debidamente ingresadas en el Registro Nacional de Concesiones que administra la Dirección de Agua.
- v) **Inscripción:** Es el acto administrativo de registro de un aprovechamiento de agua en el Registro Nacional de Concesiones conforme al artículo 18 de la Ley de Aguas N°276.
- w) **Porcentaje de Caudal aprovechable:** Es la relación entre el caudal requerido y el promedio de caudales mínimos registrado durante la época seca o el periodo de transición a la época lluviosa. Se expresa en unidades de volumen por tiempo.

- x) **Punto de captación:** Punto de ubicación en el cauce donde el usuario está autorizado para derivar el recurso hídrico para su aprovechamiento.
- y) **Punto de control:** Sitio en el cauce, en el cual se realizan mediciones periódicas de una o varias variables definidas, con el fin de tener control sobre el estado del cuerpo de agua.

CAPÍTULO II

Definición de la metodología a utilizar para el cálculo del caudal ambiental.

Artículo 4— Del Caudal Ambiental.

Para la determinación del caudal ambiental, se debe proceder a calcularlo a partir del análisis del aprovechamiento de agua pretendido y aplicando el procedimiento establecido en este reglamento.

El mismo podrá ser realizado por parte de la Administración o el Administrado según se dispone en la Ley de Aguas N°276 o cuando el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), a través de la Dirección de Agua, se lo solicite mediante resolución razonada.

Artículo 5— Del Procedimiento.

Para definir el grupo metodológico mediante el que se determinará el caudal ambiental, se debe aplicar lo siguiente:

- a) Se analizan las variables del aprovechamiento de aguas, según columna 1 del cuadro 1, y conforme parámetros columna 3, se asigna un puntaje por variable, según columna 4.
- b) Se suma el puntaje correspondiente de cada variable y se genera un puntaje total.
- c) Conforme puntaje total, según punto b), se selecciona el grupo metodológico, según el cuadro 2.
- d) Conforme el grupo metodológico resultante, y el anexo 1, se selecciona el método a utilizar para el cálculo del Caudal Ambiental.

Cuadro 1. Variables y parámetros para selección del grupo metodológico.

1	2	3	4
Variable	Consideración de la Variable	Parámetros	Puntaje
Caudal requerido	Se refiere al caudal para satisfacer las necesidades del solicitante de una concesión o inscripción, determinado conforme a las dotaciones para cada actividad. Se expresa en unidades de volumen y tiempo.	0 - 3 l/s	10
		03-05 l/s	100
		5 - 9 l/s	250
		9 - 25 l/s	500
		25 - 2825 l/s	750
		> 2825 l/s	1000
Retorno del agua	Se refiere a si el agua extraída del cuerpo de agua, una vez utilizada, es retornada o no al cuerpo de agua de origen. Si se retorna a otro cuerpo de agua, se considera uso consuntivo.	Retorna al cuerpo de agua original (No Consuntivo)	100
		No retorna al cuerpo de agua original (Consuntivo)	500
Fragilidad Ambiental	<p>Está determinada por la relación del punto de toma de agua pretendido, respecto a un Área Silvestre Protegida (ASP) y conforme su categoría de manejo, según categorías de manejo dispuestas por MINAE: http://www.sinac.o.cr/ES/asp/Paginas/default.aspx</p> <p>Para la valoración, la cuenca se debe dividir en tres secciones, en función de la diferencia de altura del cauce de mayor longitud, entre tres: teniendo las secciones de cuenca: alta, media y baja.</p> <p>Luego, para la sección de la cuenca donde se ubica el punto de toma pretendido, se evalúa su ubicación respecto a las ASP que existan en esa sección la cuenca, determinando; si el punto de toma se localiza aguas arriba, aguas abajo o dentro de una ASP o si no existe ASP en la sección evaluada.</p>	Si en la sección de cuenca de análisis, la toma de agua pretendida no está dentro de un ASP, además, no existe una ASP aguas abajo de esta.	10
		Si en la sección de la cuenca de análisis, la toma de agua pretendida se ubica aguas arriba o dentro de un ASP de las siguientes categorías de manejo: reserva forestal, zonas protectoras y monumentos naturales,	500
		Si en la sección de la cuenca de análisis, la toma de agua pretendida se ubica aguas arriba o dentro de un ASP de las siguientes categorías de manejo: parques nacionales, refugios vida silvestre, reservas biológicas y humedales.	1000

1	2	3	4
Variable	Consideración de la Variable	Parámetros	Puntaje
Tipo de Captación	Se refiere al tipo de estructura usada para la derivación del agua, categorizadas en tres tipos y conforme definición dispuesta en este reglamento.	Captación móvil o artesanal	10
		Captación fija parcial	250
		Captación fija total	500
Porcentaje de caudal aprovechable	Se refiere a la relación entre el caudal requerido y el promedio de caudales mínimos registrados durante la época seca o el periodo de transición a la época lluviosa.	menor al 40 %	10
		mayor al 40 %	500
Riesgo ante eventos extremos secos	Se refiere a la afectación en el cuerpo de agua y los ecosistemas, ante eventos extremos. Conforme lo dispuesto por el Instituto Meteorológico Nacional en su informe “Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el índice de Desarrollo Humano, 2012: mapa de riesgo ante eventos extremos secos. http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/AdaReHiCRCC/offline/download.pdf	Bajo	100
		Medio bajo	200
		Medio	300
		Medio alto	400
		Alto	500
Usos Directos	Se refiere a si la toma de agua pretendida está en un cuerpo de agua donde existe una dinámica de usos del agua que se dan directamente en este.	Existen actividades básicas: Beber, lavar objetos tales como ropa y vasijas, bañarse, pescar, abrevar o bañar caballerías y ganado.	10
		Existen actividades especiales: navegar, embarcar y desembarcar, realizadas en un trayecto aproximado a partir de su desembocadura en el	1000

1	2	3	4
Variable	Consideración de la Variable	Parámetros	Puntaje
		mar, o su confluencia con otro río; conforme al Decreto Ejecutivo N°4 del 23 de febrero de 1966 y sus reformas. Actividades de aventura en ríos, tales como rafting, kayak, hidrospeed.	

Artículo 6– De los Grupos Metodológicos.

De conformidad con el artículo 5, según la puntuación obtenida de la sumatoria del puntaje de cada una de las variables y conforme el cuadro 2 siguiente, se definirá el grupo metodológico.

Cuadro 2. Definición del grupo metodológico.

Grupo metodológico	Rango de puntuación
Porcentaje	250 – 1200
Hidráulico	1201 – 2150
Hidrológico	2151 – 3100
Hidrobiológico	3101 – 4050
Holístico	4051 – 5000

Fuente: Dirección de Agua.

El Ministerio de Ambiente y Energía, en colaboración de instituciones públicas del Sector Ambiente y Energía, evaluará bianualmente las metodologías publicadas en el Anexo I de este Reglamento y de ser necesario, mediante resolución Ministerial, realizará su actualización, debiendo publicarse la misma, en el Diario Oficial La Gaceta.

CAPITULO III

De la evaluación del impacto hídrico acumulado, determinación del estado del cuerpo de agua y puntos de control.

Artículo 7– De la evaluación del impacto hídrico acumulado.

En el análisis de las solicitudes de aprovechamiento de agua, la Dirección de Agua deberá evaluar el impacto hídrico acumulado en el cuerpo de agua, determinando para ello el valor del estado del mismo, a partir del siguiente procedimiento:

1. Se define la sección de análisis: esta debe ir desde el punto de inicio del cauce o desde el punto de la confluencia con el cauce tributario inmediato superior, hasta la confluencia con el siguiente cauce tributario inmediato inferior o la desembocadura en el mar.
2. Se determina la disponibilidad de agua en la sección de análisis, considerando las mediciones de caudal registrado en el cuerpo de agua y los derechos de agua existentes y en trámite, aguas arriba y aguas abajo del sitio de toma, que estén debidamente formalizados en el Registro Nacional de Concesiones que administra la Dirección de Agua.
3. Cuando la solicitud de aprovechamiento de agua contemple varios puntos de toma en un mismo cuerpo de agua, cada toma se debe evaluar por separado.
4. Se calcula el caudal ambiental en cada toma.
5. Se calcula el caudal requerido por el solicitante, según necesidades.
6. Se calcula el caudal mínimo registrado.

El valor del estado del cuerpo de agua (EF), se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$E_F = \left(\frac{Q_C}{Q_D} \right) * 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

EF = Valor de estado del cuerpo de agua (%)

QC = Caudal otorgado o inscrito: sumatoria de caudales concesionados o inscritos en la sección, más el valor del caudal ambiental del sitio de toma analizado.

QD = Caudal mínimo registrado en la sección evaluada.

El valor del cuerpo de agua se puede obtener en cualquier momento del año.

Artículo 8– De la Clasificación del estado del cuerpo de agua.

A partir del valor del estado del cuerpo de agua determinado para la sección evaluada, resultante de aplicar la fórmula dispuesta en artículo 7 del presente Reglamento, se clasifica éste, conforme categorización del cuadro 3 asignándole la categoría correspondiente.

Cuadro 3. Clasificación del impacto hídrico acumulado del cuerpo de agua.

Categoría de Estado del cuerpo de agua	Porcentaje de caudal época seca	Porcentaje de caudal época lluviosa	Condición
No admisible	De 0 a 10%	De 0 a 10%	Roja
Débil o degradante	De 11% a 20%	De 11% a 30%	
Buena	De 21% a 30%	De 31% a 40%	Verde
Muy buena	De 31% a 40%	De 41% a 50%	

Categoría de Estado del cuerpo de agua	Porcentaje de caudal época seca	Porcentaje de caudal época lluviosa	Condición
Excelente	De 41% a 60%	De 51% a 60%	
Optima	De 61% o menor que 100%	De 61% o menor que 100%	<Azul
Natural	100 %	100 %	

Cuadro elaborado por Dirección de Agua conforme clasificación de Tennant adaptado a las zonas tropicales y subtropicales.

Artículo 9– De la condición del cuerpo de agua.

Conforme la categorización realizada según artículo 8 del presente Reglamento, se deberá entender como:

- a) Condición Roja: Sección del cuerpo de agua restringida, donde de previo a resolver sobre nuevos aprovechamientos de aguas, se requiere realizar estudios más detallados que garanticen la sostenibilidad de recurso hídrico.
- b) Condición Verde: Sección del cuerpo de agua donde se pueden dar nuevos aprovechamientos de agua en tanto no se degrade a una condición roja.
- c) Condición azul: Sección del cuerpo de agua con condiciones óptimas para nuevos aprovechamientos de agua.

Artículo 10– Puntos de control.

La Dirección de Agua establecerá puntos de control, con enfoque de cuenca, sub cuenca o microcuenca hidrográfica, con el fin de tener una visión y control integral de los aprovechamientos, de la disponibilidad de agua y del caudal ambiental. En estos se realizará el monitoreo de la cantidad, temporalidad y calidad de agua.

Esto se realizará progresivamente conforme la disponibilidad de recursos financieros. El MINAE publicará en el Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH) a inicio de todos los años, la información de los puntos de control.

CAPITULO IV

Disposiciones finales

Artículo 11– Disposición de la información conforme este reglamento.

La Dirección de Agua procesará la información recolectada y la pondrá a disposición en el Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Sinigirh).

La Dirección de Agua progresivamente y conforme se tenga los estados de cuerpos de agua, deberá publicarlos en el SINIGIRH.

Artículo 12– Implementación de puntos de control.

La Dirección de Agua implementará los puntos de control en un plazo de 5 años a partir de la publicación del presente Reglamento.

Artículo 13– Vigencia.

Rige a partir de su publicación en el Diario Oficial La Gaceta.

Dado en la Presidencia de la República. San José, el dieciséis de setiembre del año dos mil veintiuno.

Carlos Alvarado Quesada

Andrea Meza Murillo
Ministra de Ambiente y Energía

1 vez.—Solicitud N° 006-2021-887.—O. C. N° 4600059780.—(D43242-IN2021609022).

Anexo

Detalles de los métodos para la determinación de caudal ambiental.

La aplicación de metodologías de estimación de caudales ambientales, responde a la necesidad de establecer límites para la alteración del régimen hidrológico, de forma que la cantidad de agua sea suficiente para mantener los diversos usos del agua, brindarles condiciones a los ecosistemas y el equilibrio del aprovechamiento y la conservación.

Conforme la Comisión Interinstitucional constituida para el análisis de implementación del Caudal Ambiental, se generó el documento “Guía de selección de metodologías para la estimación del caudal ambiental en Costa Rica” elaborado por la comisión interinstitucional del caudal ambiental con fecha del 22 de marzo del 2019, del cual se tiene la recomendación de las referencias a nivel nacional e internacional en los diferentes métodos y grupos metodológicos disponibles y óptimos para implementar en Costa Rica para el cálculo del caudal ambiental. Según lo anterior, las tipologías de integran en los siguientes grupos:

- Método del Porcentaje.
- Métodos Hidrológicos.
- Métodos Hidráulicos.
- Métodos Hidrobiológicos/ Ecohidráulicos.
- Métodos Holísticos.

Los métodos clasificados según el grupo, corresponde al producto de investigaciones y análisis del comportamiento de las distintas variables. La aplicación y resultados están en función de los supuestos asumidos para su desarrollo, de la cantidad y calidad de la información disponible para su aplicación. A continuación, se describe las metodologías que se deben utilizar por grupo metodológico:

Grupo metodológico del porcentaje:

Antecedente:

Este método está desarrollado y aplicado desde 1991 por la Dirección de Agua, a partir del análisis estadístico de los registros de concesiones e inscripciones de agua, se valoraron los

caudales aforados en la época de estiaje “oferta” y los caudales autorizados conforme Registro Nacional de Concesiones; para su uso “demanda”, contemplando 4033 registros en un primer análisis y en un segundo análisis con una muestra de 351 registros con un 95% de certeza y un 5% de margen de error. Además, el método establece la valoración de las condiciones del cuerpo de agua y las necesidades a partir del Manual de Dotaciones. Lo anterior da como resultado un 38.46% de caudal concesionado y aprovechado, respecto a un 61.54% de caudal que discurre libre por el cuerpo de agua; lo que implica un impacto positivo mayor que el porcentaje usado, en beneficio de la conservación del recurso hídrico. Referencia Análisis del método de porcentaje utilizado por la Dirección de Agua para determinar el caudal ambiental, basado en aforos y caudales otorgados. (Ing. Jesús Monge Desarrollo – Dirección de Agua. 2021).

Método:

El caudal ambiental se calcula al aplicar un porcentaje comprendido entre el 10% al 20% del caudal mínimo registrado en el cuerpo de agua, según aforos disponibles de época seca. Se aplica de manera puntual para cada toma indicada en la solicitud de aprovechamiento o inscripción de fuentes; considerando los aprovechamientos existentes aguas arriba y aguas abajo del sitio de toma en análisis, con el resultante de un balance que determina la viabilidad de un nuevo aprovechamiento.

Conforme la clasificación del impacto acumulado basado en la metodología de Tennant adaptado a las zonas tropicales y subtropicales, se aplica un porcentaje del 20% a la categorización de la fuente como “Buena”. Aplicando el 10 % para las categorías de “Muy Buena” a “Natural”. En el caso de fuentes de agua que se requieran para uso poblacional, en razón de la prioridad de ley, aun cuando la fuente por su condición natural presente limitaciones de caudal, se aplicará un 10 %, indistinto de la categoría de clasificación. Ambos porcentajes se establecen como el mínimo admisible que debe prevalecer en la fuente aprovechada.

Grupo Metodológico hidrológicos:

Representan el abordaje más simple, menos costoso y más utilizado a nivel mundial. Estos se basan en el análisis de series temporales de 5, 10,15, 25, 50 y más años de caudales de un curso de agua, datos que pueden obtenerse del registro histórico de estaciones de aforo o mediante modelación numérica hidrológica-hidrodinámica, entre otras formas. Estos métodos se pueden dividir en dos grupos: 1) los que establecen un único valor de caudal ambiental para todo el año o mes, y 2) los que establecen un régimen completo de caudales ambientales. Si bien son de menor costo, las relaciones entre los indicadores hidrológicos y ecológicos no han sido evaluadas. Los métodos de régimen completo de caudales proporcionan valores para cinco componentes del régimen hidrológico (magnitud, frecuencia, duración, momento y tasas de cambio de los diferentes caudales), los cuales son reconocidos como determinantes para la integridad ecológica de los sistemas fluviales (Lytle & Poff, 2004).

a) Método de Tennant o de Montana:

Fue aplicado en los Estados Unidos en la década del setenta y consiste en una recomendación de caudales mínimos basados en un conjunto de porcentajes de caudales medios anuales

calculados para un aprovechamiento local y que son aplicados a diferentes porcentajes para los periodos secos y de lluvias. Las variables utilizadas son los periodos estacionales del año y el caudal medio anual. Este método es particularmente adecuado para un nivel de planeación regional y es el más utilizado en Estados Unidos. Asimismo, comprende las siguientes etapas (Tennant, 1976):

- Determinación del caudal medio anual de aprovechamiento hidráulico local.
- Observación de cursos de agua durante los periodos en los cuales el caudal es aproximadamente 10%, 30% y 60% del caudal medio anual.
- Otros caudales podrán ser igualmente analizados, pero éstos permiten abarcar un rango de flujos que, de una manera general, sirven para la protección de los ecosistemas acuáticos y rupícolas de la mayoría de los cursos de agua.
- Utilización de la información obtenida para elaborar recomendaciones de caudales de mantenimiento en cursos de agua con base en los criterios que utiliza la metodología.

Este método cuenta con la variable de Tennant adaptado a la zonas tropicales y subtropicales, basándose en los caudales medios mensuales con el fin de tener una descripción más detallada durante el año del comportamiento hidrológico del cuerpo de agua.

b) Método de caudal base o de Nueva Inglaterra:

Este método fue desarrollado en Estados Unidos por el Servicio de Pesca y Fauna en 1981. La recomendación de un caudal mínimo se basa en registros históricos de los caudales, a partir de la mediana calculada en la época seca, que corresponde al registro más bajo, el cual constituye el caudal mínimo o básico por mantener a través de todo el año, con la excepción de los periodos de reproducción e incubación de especies piscícolas. En este periodo la mediana mensual o más baja para el caudal mínimo, corresponderá a la del caudal durante ese periodo, si es superior al caudal básico. Sin embargo, el cálculo de la mediana sólo es válido para cursos de aguas naturales en donde exista un registro de caudales mayores a veinticinco años. En otras situaciones, en cursos de aguas naturales en los que se verifican derivaciones importantes en el tamaño de registros de caudales inferiores a veinticinco años, un caudal mínimo es un porcentaje de caudal definido en función del área de la cuenca hidrográfica. Cuando un caudal es menor a lo definido en este criterio, corresponderá al instantáneo para ese mismo periodo. Las variables utilizadas en este método son los periodos estacionales del año, el caudal mínimo anual y el rendimiento de la cuenca.

Fuente: (Loar y Sale, 1981; Russel, 1988, 1990)

c) Método de Caudal base:

Fue desarrollado para cursos de agua del río Cataluña (Norte de España) con base en un conjunto de cursos de agua representativos de varios tipos de regímenes hidrológicos que caracterizan la región, normalmente, son regímenes permanentes o temporales con características mediterráneas o no.

Este método considera que el caudal es la única variable independiente del ecosistema y que la información contenida en series hidrológicas permitirá mantener las relaciones de funcionalidad con las otras variables. Por otro lado, la comunidad piscícola y los macroinvertebrados constituyen las variables con mayor grado de dependencia, pero que son considerados de mayor sensibilidad y con mayor valor indicador para evaluar las alteraciones

del ecosistema. Las variables utilizadas en este método son las especies piscícolas, los macroinvertebrados y los caudales medios mensuales. (Palau et al., 1996)

d) Método de Northern Great Plains Resource Program (NGPRP):

El método norteno del programa de recursos de grandes planicies se desarrolló en 1964 para los ríos salmonícolas provenientes de las montañas rocosas del oeste de Estados Unidos. En la estimación de caudales mínimos se tienen en cuenta la postura y el crecimiento de los individuos y los flujos de descarga de lavados finos, se recomienda calcular los mínimos durante todos los meses del año, con base en la curva de duración de caudales durante el mes analizado. Este método no requiere de mucho trabajo de campo, puesto que las curvas de duración de caudales son obtenidas a partir de un registro de caudales medios diarios superior a veinte años, en el que los flujos de temporada seca se eliminan, ya que este método supone que las componentes biológicas más representativas de un sistema acuático son esencialmente mantenidas por las condiciones hidrológicas que se verifican en años normales y no para eventos extremos que ocurren durante periodos de corta duración. Un caudal mínimo recomendado para cada mes corresponde al que es excedido en el 90% del tiempo (o en el 84% del tiempo según Dougal, 1979 y Loar y Sale, 1981), exceptuando los meses de caudales máximos, en los cuales el mínimo recomendado corresponde al que es igualado o excedido en el 50% del tiempo². Las variables utilizadas en este método son los periodos estacionales del año y los caudales medios diarios.

e) Método de Hoppe:

En 1975 Hoppe modificó el método norteno del programa de recursos de grandes planicies utilizando ecuaciones basadas en áreas de cuencas hidrográficas para lugares en donde no existían registros de caudales. El método se basa en porcentajes de curvas de duración de caudales medios diarios y en las etapas del ciclo de vida de las especies; siendo desarrollado inicialmente para especies salmonícolas. El flujo que es igualado o excedido el 40% del tiempo, es el caudal recomendado para la postura, mientras que el flujo que es igualado o excedido el 80% del tiempo es el recomendado para el crecimiento. El flujo que es igualado o excedido el 17 % del tiempo es considerado un caudal de descarga para un periodo de 48 horas. Las variables utilizadas en este método son los caudales medios diarios y el ciclo biológico de las especies. (Castro et al 2006)

f) Método 7Q10:

Según Loar y Sale (1981), se recomendaron los caudales ecológicos basados en caudales medios mínimos observados durante un intervalo de tiempo de siete días, con un periodo de retorno de diez años. Este método es una variación del que inicialmente fue denominado 7Q2 y utiliza los mismos criterios, fue desarrollado para un periodo de retorno de dos años. Las variables utilizadas en este método son los caudales medios mínimos diarios. (Loar and Sale, 1981)

Grupo Metodológico Hidráulico:

Son similares a los anteriores, pero incorporan parámetros hidráulicos como la velocidad y profundidad del agua y el perímetro mojado, etc. Los requerimientos mínimos de caudal se fijan generalmente como el punto de inflexión entre el incremento del caudal y del perímetro mojado o también fijando un porcentaje de hábitat a reservarse con un determinado valor de

caudal. Los métodos hidrológicos e hidráulicos han sido desarrollados y aplicados por ingenieros.

a) Método del Perímetro Mojado:

Es un método usado como índice de disponibilidad de alimento para los peces, asumiendo que al maximizar el perímetro mojado habrá más alimento y hábitat aprovechable para la comunidad acuática. Requiere para su aplicación de la ubicación de un único transecto a lo largo del río que represente el sitio más sensible a los cambios de caudal. Para determinar el caudal ambiental se hace uso de la relación directamente proporcional entre el perímetro mojado y el caudal: a medida que aumenta este último se incrementa el otro desde un nivel base de caudal, hasta alcanzar un punto de inflexión, después del cual, el incremento del perímetro mojado crece muy lentamente hasta llegar a banca llena. Este punto de inflexión se toma como el de caudal óptimo o ambiental [Reiser et al., 1989], [Tharme, 1996], [King et al., 1999], [Palau, 2003], [Arthington y Zalucki, 1998]. Es un método de fácil aplicación, pero que no considera las condiciones de habitabilidad de las especies acuáticas, ni tampoco la variación de caudal en el tiempo, elementos limitantes cuando se determina un caudal ambiental. (Agualimpia & Castro, 2006)

b) Método de Múltiples Secciones (Multiple Transect Methods):

En este método se corrige el problema de usar un solo transecto para definir los caudales ambientales en el río, pues utiliza más de uno para su aplicación. Requiere de mediciones en campo de velocidad, nivel, sustrato y cobertura a diferentes caudales y en diferentes secciones transversales, con el fin de determinar por medio de simulación hidráulica el cambio de estas variables hidráulicas (habitabilidad) con cambios en el caudal [Arthington y Zalucki, 1998]. Se considera un método conservativo, que frecuentemente estima caudales altos [Richardson, 1986], [Swales et al., 1994], pero es uno de los primeros enfoques donde se tiene en cuenta la variabilidad de caudales y el consecuente cambio de variables hidráulicas de importancia ecológica. (Agualimpia & Castro, 2006)

c) Método de Idaho:

Fue desarrollado por White & Cochnauer, 1975, para los grandes ríos de estado de Idaho en los Estados Unidos. Este método se basa en la supuesta pérdida de hábitat debido a la disminución del caudal, teniendo en cuenta las características requeridas por las especies seleccionadas como indicadores del hábitat. En este método se definen las áreas críticas para la libre circulación, reproducción y crecimiento de especies piscícolas; a su vez, en cada área crítica se determinan secciones transversales en las que se miden velocidad, profundidad y tipo de sustrato. La caracterización física de cada sección transversal es realizada una sola vez para el caudal más bajo. Se utiliza un modelo de simulación hidráulica, para generar los valores de profundidad, velocidad y perímetro mojado, para un amplio rango de caudales.

La comparación de las condiciones de hábitat simuladas con las necesidades de hábitat de las diferentes especies permite generar recomendaciones de caudales mínimos para la circulación, reproducción y crecimiento. Los caudales para la circulación sin restricciones de los individuos son basados en la profundidad mínima necesaria. Para la postura, el caudal que permite el ancho máximo disponible (valor medio obtenido de todas las secciones transversales) se usa como orientación para determinar el caudal mínimo. El caudal mínimo

para el crecimiento de peces es determinado con base en el método de perímetro mojado. Las variables utilizadas en este método son el tipo de sustrato, la velocidad media, la profundidad y el perímetro mojado. (Aguilimpia & Castro, 2006)

Grupo Metodológico hidrobiológico:

Determinan un valor de caudal ambiental integrando el análisis hidrodinámico de la sección del curso bajo estudio y los requerimientos o preferencias de las especies que caracterizan el ecosistema fluvial. Los primeros métodos eco-hidráulicos se aplicaron a especies de peces de interés comercial o de interés para la conservación. Actualmente, también se toma en cuenta la comunidad biológica (grupos de especies de un mismo sitio) y el mantenimiento de la integralidad del ecosistema. Estos métodos requieren información de la topografía del curso de agua y de la ecología de las especies o comunidades que se quiere conservar, por lo que son más costosos, esto busca relacionar el ámbito hidráulico con el hábitat disponible de la especie indicadora. En general han sido desarrollados conjuntamente entre ingenieros y biólogos pesqueros.

a) Método de WRR Cover:

Fue desarrollado por Wesche en 1973, para trucha (*Salmo Trutta*), en pequeños ríos de montaña, con caudales medios iguales o inferiores a 30 m³/s, basándose fundamentalmente en la cobertura. Se aplica en secciones transversales en secciones de cursos de agua en estudio, siempre que existan alteraciones significativas de sus características. En cada sección transversal se caracteriza el sustrato y se realizan mediciones de profundidad, caudal y ancho superficial del flujo, así como las mediciones de longitud de la cobertura de las márgenes y la profundidad del agua a ella asociada. La gama de caudales seleccionados varía entre el 10% y el 100% del caudal medio (si no existen registros de caudales, se utiliza el caudal medio de fin de verano) y se considera al menos cuatro valores de caudal. Este método tiene una sensibilidad ecológica elevada, después de haber verificado una buena correlación entre una cobertura y la biomasa piscícola. Las variables utilizadas en este método son la cobertura vegetal, los caudales medios anuales, la longitud y el área de la sección. (Wesche & Richard, 1980).

b) Método de Washington:

El método de Washington fue desarrollado para el Washington Department of Fisheries, (Departamento Pesquero de Washington, EE. UU), para especies salmonícolas; también es llamado método de las áreas favoritas. Utiliza la cartografía básica de las secciones de los ríos para determinar las áreas de postura y crecimiento de especies consideradas; se aplica para un rango de caudales de interés, considerando criterios biológicos de preferencia para una velocidad y una profundidad del flujo. Estos criterios definen los límites superiores e inferiores de los intervalos de valores seleccionados para las especies. Por lo menos, son considerados tres sitios representativos para desove o crecimiento, siendo definidas cuatro secciones transversales en cada sitio. A lo largo de cada sección transversal y de preferencia –también entre secciones– son realizadas mediciones de velocidad y de profundidad para mínimo cinco valores de caudal. Los valores obtenidos permiten definir isolíneas para la profundidad y velocidad. Este método constituye igualmente un ejemplo del caudal recomendado con base en criterios de mantenimiento del hábitat. Una ventaja es la forma de su gráfica, no siendo necesario correr la simulación hidráulica. Las variables utilizadas en

este método son la velocidad, la profundidad de flujo, el caudal y el ciclo biológico de las especies. (Loar and Sale 1981 & Gordon et al, 1992)

c) Método de California o Método de Waters:

Fue desarrollado para la determinación de caudales mínimos para la postura y crecimiento de especies salmonícolas existentes en los cursos de aguas de California. Este método es semejante al método de Washington y también es conocido con el nombre de las áreas favoritas, en los cuales se elaboran dos mapas planimétricos: uno de velocidad y otro de profundidad del flujo, a partir de información obtenida en secciones transversales seleccionadas para muestreo (en un número mínimo de 600 mediciones), para los caudales de interés, en un número superior a tres, sin aplicar una simulación hidráulica. Son considerados factores de ponderación, valores entre cero y uno, para cada uno de los parámetros. Adicionalmente, puede ser incluida una caracterización del sustrato en cada sitio del muestreo. Las variables utilizadas en este método son la velocidad, la profundidad de flujo, el área de la subsección, el sustrato. (Wesche & Richard, 1980)

d) Metodología IFIM-PHABSIM:

La *Instream Flow Incremental Methodology* (IFIM) es considerada por muchos como un avance significativo en la determinación de los caudales ecológicos, ya que sintetiza los aspectos más relevantes de los métodos de Washington y de California. A partir de ella se analizan conjuntamente variables de tipo hidráulico y biológico. La metodología IFIM puede ser definida como un conjunto de procesos analíticos y simulaciones elaboradas para prever los cambios en el hábitat de los ríos, debido a las alteraciones del flujo. La forma como se aplique esta metodología podrá ser determinada para cada caso, dependiendo de la especificidad de la situación y así generar varias alternativas, ya que a partir de un caudal inicial se trabaja con diferentes valores de éste al igual que se considera si la especie cuenta con el hábitat físico que requiere, además de trabajar con los datos hidráulicos, hidrológicos y biológicos pertinentes. (Reiser et al, 1989)

Grupo Metodológico Holístico:

Estos permiten determinar regímenes hidrológicos necesarios para mantener la integralidad del ecosistema, además de los usos sociales y productivos. Se basan en un manejo integrado de todos los factores biológicos, abióticos, socioeconómicos y el espectro completo del régimen hidrológico, incluyendo tanto su variabilidad espacial como temporal. Por lo tanto, son esencialmente interdisciplinarios, por ejemplo, una de las metodologías holísticas más recientes y elegida en este documento es DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformation), la cual consiste en cuatro módulos: biofísico, sociológico, desarrollo de escenarios y económico (King et al. 2003). El módulo biofísico implica la descripción de los elementos naturales y el funcionamiento del río y establece las bases para predecir cambios relacionados a modificaciones del caudal. El módulo sociológico identifica la población en riesgo, describe los usos del río y los perfiles de salud, que contribuyen a predecir los impactos sociales de los cambios en el río. Con base en esto, en el tercer módulo se identifican escenarios hidrológicos posibles y se describen las potenciales consecuencias biofísicas y

sociales. Por último, el cuarto módulo calcula los costos de compensación y mitigación de los impactos en la población en riesgo para cada escenario. El resultado es una serie de escenarios descritos que pueden ser utilizados para la toma de decisión.

a) Método DRIFT:

Metodología desarrollada en Sudáfrica, la cual brinda una perspectiva completa de las variaciones que ocurren río abajo en diferentes escenarios de regímenes de caudal. Esta perspectiva es muy importante para la toma de decisiones, ya que de antemano se conocerán todas las posibles respuestas del ecosistema y se podrá llegar a un consenso en el que se escoja la opción más conveniente para el medio ambiente (Pantoja, 2017).

El proceso dentro de la metodología DRIFT se divide en cuatro módulos (King et al. 2008):

- **Biofísico:** Describe la naturaleza y la forma en que funciona el río y establece las bases necesarias para predecir los cambios relacionados con las modificaciones de caudal.
- **Sociológico:** Se identifican los usos y costumbres asociados al río y la población que las practica. Se desarrollan las bases para predecir cuáles serían los impactos sociales de producirse ciertos cambios en el río.
- **Desarrollo de escenarios:** Identifica los posibles escenarios y las consecuencias ecológicas, sociales y económicas, sobre los mismos de producirse una alteración en el caudal.
- **Económico:** Los daños causados a la población en riesgo son evaluados desde el punto de vista financiero. Se toman en cuenta todos los escenarios posibles para calcular los costos de compensación y mitigación de los daños.

Esta metodología intenta abarcar todas las posibilidades existentes de regímenes de caudal, para de esa manera tomar la decisión que menos daños conlleve, lo cual la vuelve una metodología compleja, por tanto, se necesita contar con un grupo extenso e interdisciplinario de profesionales, lo cual eleva el costo de su aplicación, y a la vez lo limita para ciertos países con mayor capacidad económica, es por esto que su aplicabilidad dependerá del lugar en el que se desee utilizar. (Pantoja, 2017)

b) Método RANA-REGINA:

Esta metodología fue desarrollada por el Instituto Costarricense de Electricidad con el fin de contar con una herramienta para estimar el caudal de compensación de los proyectos hidroeléctricos que están en diferentes etapas de factibilidad, y se considera holística porque en ella se integran análisis de la información hidrológica, biológica y socio-económica de los ríos de Costa Rica. Su nombre obedece a dos componentes de análisis establecidos en los años 2007 (Krasovskaia, I. y Rodríguez, C. 2007) y 2014 (Krasovskaia, I. et al., 2014), RANA y REGINA respectivamente. Por medio de esta metodología se tiene la posibilidad de analizar las condiciones iniciales, o línea base, y el efecto de las diferentes alternativas de regulación en las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas en un sector específico de interés, o en la integralidad del río estudiado. Es necesario recalcar que la robustez de la metodología reside en buena parte en la información hidrológica que ha generado el ICE a través de los años. Con el componente RANA se logró la estimación de los diferentes descriptores de caudal (media anual, varianza y curvas de duración) en cualquier punto a lo largo del río. Por su parte, el componente REGINA incluyó métodos de regionalización de

los caudales mínimos y crecientes, así como las curvas de duración. La particularidad de este segundo componente es que el análisis se extendió al resto del ciclo hidrológico dado que el anterior estaba restringido al período de estiaje.

Para la implementación de esta metodología, es necesario llevar a cabo estudios de las características del flujo en varios sectores de los ríos estudiados, seleccionados con base en su importancia para el régimen hidrológico, aspectos ecológicos y socioeconómicos. A través del trabajo de campo las áreas de Biología y Sociología se identificaron los principales usos del río, así como las especies y usuarios indicadores para hacer el estudio. Las “especies indicadoras” podrían ser los peces presentes en el río, u otro indicador, que se considere más sensible a los cambios de caudal, mientras que los “usos principales” son las actividades que poseen la importancia social más alta y que también son sensibles a los cambios de caudal. Las demandas biológicas de hábitat pueden establecerse con la ayuda de un panel de expertos y estudios de campo extensivos. La información sobre las demandas socio-económicas con respecto al caudal del río se obtiene por medio de inventarios de campo y talleres con partes interesadas y el régimen de caudal en los sitios de control se modeló mediante curvas de duración, utilizando distribuciones de probabilidad y los mapas creados durante el proyecto de caudales de compensación.

Los sitios de control, generalmente pozas, se seleccionan con base en su ubicación dentro de la sección crítica, entendiendo éste como el sector del río comprendido entre el sitio de presa y la restitución. Este sitio se denomina “sector crítico” debido a que va a ser alterado por la modificación de su caudal, pudiendo afectar la ecología y las actividades socioeconómicas que se desarrollan en la zona.

La metodología establece reglas de preferencia que se definen como los rangos de profundidad y velocidad del agua asociados con el desarrollo normal de las especies indicadoras y los usos principales

El modelado hidráulico de la sección de interés permite estimar las velocidades de flujo y las profundidades para un caudal dado en los sitios específicos a lo largo del río, y la vinculación de estos parámetros a las demandas de hábitat y uso socioeconómico, se emplea para estimar el área útil en condiciones de flujo natural y de regulación.

La fase final evalúa la variación estacional del área útil para las especies acuáticas y los usos del agua condicionados a los caudales naturales o regulados. La comparación de la relación entre el área útil y la conectividad en cada sector del río con las demandas identificadas, permite comparar el impacto de los diferentes escenarios de regulación de una forma integral.

El método presenta un enfoque amplio para evaluar los efectos de las diferentes alternativas de regulación de caudal en la vida acuática y las actividades socioeconómicas de la población ribereña a lo largo del año, para facilitar la elección del esquema de regulación con un nivel de menor riesgo. La metodología sigue el concepto de gestión del caudal adaptativo, el cual prevé un seguimiento continuo de los resultados de la decisión elegida y un ajuste en función de los nuevos conocimientos.

c) Método de Building Block – Enfoque Bottom-up:

Se realiza con base a estudios multidisciplinarios realizados del sitio, con el fin de comprender la relación caudal-características hidráulicas, este tipo de análisis es a mediano o largo plazo y requieren de inversiones considerables. Es esencialmente un enfoque prescriptivo, diseñado para construir un régimen de flujo para el mantenimiento de un río en una condición predeterminada. Este método ha proporcionado además un impulso para la evolución de varias metodologías alternativas de caudal ambiental de tipo holístico. Generalmente se trabajan desde 1 hasta 5 transectos dependiendo del tamaño del área de estudio, en cada transecto se debe analizar el tipo de sustrato, vegetación rarápía y de macrófitas, además de información hidrológica, como curvas de duración de caudal, periodo de retorno, otra información que se debe recopilar es la entrada de agua subterránea estos corresponden al primer bloque o fase (Castro et al, 2006).

En el segundo bloque se procede a analizar la información para establecer la relación entre los caudales y las características hidráulicas, la morfología del canal y los biotopos para generar propuestas de un caudal ambiental que garantice el ciclo de vida de la fauna acuática (peces, macroinvertebrados, renacuajos, etc). También debe garantizar los usos socioeconómicos y culturales del río, además de los ciclos vegetativos de las especies que se encuentran en la ribera, cuyo ciclo de vida dependa de la disponibilidad del agua en determinada época del año, y por último la navegabilidad en los casos que aplica (Aguilera y Pouilly, 2012). La principal ventaja que tiene este método es que, al ser holístico, toma en cuenta una gran cantidad de aspectos del régimen fluvial, lo que lo hace que tenga una mayor probabilidad de sostenibilidad a lo largo del tiempo.